【概要】レーザ製品のクラスに関する説明ラベルについて教えてください。
クラス４　レーザ製品のラベルで、（最大出力）（パルス幅）（波長）を書くようになっています。

【質問 1】
「最大出力」は安全上の出力で、正常に稼動している製品では決して出ないような出力を書くことで問題ないでしょうか。例えば、ハード的な電流リミッタがあるのでレーザ出力１０W以上は出るはずが無いが、電流リミッタ回路が壊れると１０W以上出る可能性がある場合に、「最大出力」１５Wとするべきでしょうか。

【回答 1】
説明ラベルの最大出力の記載内容は、クラス分けの根拠となった最大出力を記載します。
クラス分けの条件は、JIS　9．1に記載されている「試験は，合理的に予見できる個々のそしてすべての単一故障条件で実施しなければならない」に従うことになります。したがって「電流リミッタ回路が壊れる」ことが合理的に予見できる確率で発生する場合は最大１５ｗと記載することになります。しかし、合理的に予見できない程度に信頼性を上げた設計が望まれます。以下は参考です。

「**9.1　試験**　試験では，測定過程におけるすべての誤差及び統計学上の不確かさ（**IEC 61040** 参照）並びに経時的な放射光の増加及び放射安全性の低下を考慮しなければならない。使用者の特別な要求によって，追加試験が課せられる場合がある。
運転中の試験は，製品のクラス分けを決定するために用いなければならない。運転，保守及びサービス中の試験もまた，セーフティインタロック，ラベル及び使用者への情報に関する要求事項を決定するために適切に用いなければならない。上記の試験は，合理的に予見できる個々のそしてすべての単一故障条件で実施しなければならない。しかし，制限された時間内だけ *AEL* を超えて放射が行われるような故障，また，製品が運転休止になる前に（運転中に），人体への被ばくが発生することが合理的に予測できないような故障は考慮する必要はない。

備考 1. 制限された時間は，製品のクラス分けに対する時間基準より小さな時間である。その制限された時間に当てはまる *AEL* は，超えてはならない。

2. 例えば，面発光 LED は，単一故障条件を考慮する必要のない製品グループである（面発光LEDとは，光がチップ表面に垂直な方向に放出され，チップ表面が直接観察できる，利得をもたない従来形の LED である。この LED は組込みレンズ又は反射器を備えていることがある。）。

上記と同等の試験又は手順は，受け入れられる。
光増幅器は，最大定格入力パワー又はエネルギーを含めた，被ばくし得る最大の全出力パワー又はエネルギーを使用してクラス分けしなければならない。

備考　出力パワー又はエネルギーの明確な限界がない場合には，増幅器によって加えられる最大の増幅パワー又は増幅エネルギーと，それを得るために必要な入力信号パワー又はエネルギーの合計を使用しなければならない。」

問題は、「電流リミッタ回路が壊れると１０W以上出る可能性がある場合に、「最大出力」１５W」になることが「合理的に予見できる個々のそしてすべての単一故障条件」に当てはまるかどうかの問題になります。この標準の意味するところは、部品の故障が起きそうもないなら、合理的に予見できるとは考えられないとされています。
除外される項目には備考2の LED が挙げられています。LED は電源が故障して過大な電流が流れ

ると素子自体が故障条件のもとでは通常の動作電流より大きいので素子自体が破損して寿命になるので除外されている経緯があります。別な除外事項には備考1の「製品のクラス分けに対する時間基準より小さな時間」の場合です。これは、時間基準より短時間だけパワーが増加するけれど、その短時間では MPE のレベルが超えない条件がつけられているので危険性が無い場合の故障条件です。故障を検出して、危険性の無い時間内に遮断できるインターロックなどがついている場合です。これらの備考は、クラス分けの測定条件から除外してもよいとされています。

「単一故障条件」については、2 つの故障が同時に発生する場合は考慮する必要は無いと言うことですが、2 重の故障が高い確率で発生する場合は、この規格では扱わなくてもよいことになってはいても、良識的な一般的な安全法規上の設計からは無視できないことは明白です。

「合理的に予見できる」は故障の発生する確率が非現実的に小さくはないことです。一般的な「合理的に予見できる」、と「合理的に予見できない」の間の確率の値の限界値は規定されていません。製品の種類、レーザ放射が終了するまでの故障の持続時間、使用形態などにも依存するでしょう。信頼性工学では MTBF などが規定あれますが、MTBF が 5000 万時間でも製品、たとえば網膜の手術用の装置であれば、許容できない範囲であるかもしれないでしょう。また、多数台数が用いられる場合は同一機種で事故発生頻度は短期間のうちに発生する可能性があります。ビームスキャナーを下向けて製品に当てる装置などでは、事故発生しても人体に対する露光事故は軽微であれば、容認できる発生頻度の低さにあるでしょう。したがって、レーザ装置の「合理的に予見できる故障」はレーザの種類、用途など異なることになります。

つまり、用途によって故障があってはならない場合は、自動的に故障を検知しインターロックを動作するなどの設定対策が必要になるでしょう。

【質問 2】

「パルス幅」について、Ｑスイッチ動作によるレーザ発振の場合、どうしても微弱なＣＷ波が漏れ出します。

例えば、Ｑスイッチパルスの平均出力が１Ｗの場合、１０ｍW程度のＣW波が出ます。Ｑスイッチパルスの半値全幅が１２０nsec 程度の場合、パルス幅を１００nsec～ＣWとするべきでしょうか。また、ＹＡＧレーザの４倍高調波（波長：２６６㎚）発振器の場合、基本波・２倍波・３倍波・４倍波でそれぞれパルス幅が異なります。これらの波長の光がごく微弱ですが４倍波と共に出てきます。このような場合も、パルス幅は 100nsec～ＣWとするべきなのでしょうか。

【回答 2】JIS のラベルに関する条項は 5.1,5.8 などにあります。

5.8　放射出力及び規格情報　製品をクラス分けした規格の名称と発行日付は，製品の説明ラベル（**図 15**）上，又はそのラベルに近接した製品上に表示しなければならない。クラス 1 のレーザ製品を除くレーザ製品は，それぞれ，説明ラベル（**図　15**）上にレーザ放射の最大出力，パルス持続時間（該当する場合）及び放出される波長を記述しなければならない。クラス 1 及びクラス 1M に対しては，製品上のラベルの代わりに，これらの情報は，使用者向けの情報に含めてもよい。

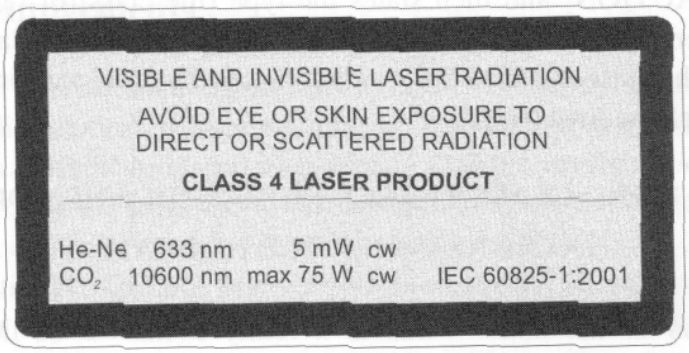
即ち、「パルス持続時間（該当する場合）及び放出される波長を記述しなければならない。」と記載されています。クラス1以外は潜在的な危険性を含み、レーザ出力の最大許容露光量値（MPE）は少なくとも露光時間、波長、繰り返しパルス条件などで決められますからこれに相当するクラス分けの基準となった波長、持続時間などを記載し、ユーザの安全対策に供することができる助けとなります。

CO2 レーザの応用装置において不可視光の CO2 レーザに同軸上にアライメント用の He―Ne レーザ（633nm）を装備した装置などでは、「He-Ne　633nm　5ｍW　CW」「CO2　10600nm　max75W　C

W」などを説明ラベルに併記します。(Fig.参照)

質問のレーザは各波長の出力がクラス1のAELを超えた出力を有するので、無視する事はできないでしょう。保護めがねを選定する場合などにおいて、同時に多波長が放出される場合は、それぞれ全部の波長に対して十分な光学保護濃度の保護めがねを選定する必要があります。UV266nm 以外に 3 倍、2 倍、基本波が混入しているなら全部の波長毎の出力、クラス分けに用いた波長、パルス幅が記載される必要があります。同一波長、例えば基本波だけの場合、繰り返し Q スイッチパルスでは、クラス分けの条件は1）単一パルス条件、2）放出持続時間内の平均パワー、パルス列内の平均パルスエネルギーに補正係数を乗じた値のもっとも厳しい値を基準にクラス分けをする（波長範囲 400～10^6nm）、紫外の 266nm,355nm では1）2）の条件でクラス分けを行う。（JIS8.4f））同一波長であれば、1）2）の条件からパルスに CW の微弱パワーがもれていてもクラス分けにおけるパルスの定義からパルス幅は半値全幅（JIS の 3.30 参照）で定義され、パルスエネルギーは平均パワーをパルス繰り返し率で割った値を用いる測定法が使われるなら、CW 成分はパルスエネルギーに含まれるのでクラス分けの評価に含まれることになります。したがって CW 成分を各パルス毎のエネルギーに振り分けて評価してパルスとして評価すればよいと考えられます。クラス分けの観点からは、これで分類できますが、しかし、この装置を組み込みレーザ製品に適用する場合は Q スイッチ素子でビームのオン、オフ制御を行わせる使用方法では、Q スイッチパルスを遮断しても CW パルスが放出されるので、パルスレーザとしては完全には漏れ光を抑制していないことになります。この点を明確化するには、取り扱い説明書に出力特性を明記し、注意を促す必要があるでしょう。説明ラベルには最大出力パワー/エネルギーを記載することになっていますから、AO－Q スイッチの動作を停止すれば CW 出力が得られるでしょうから、Q スイッチ動作のパルス幅、エネルギー/CW 出力の両方を併記すればよいでしょう。Fig.は米国のラベルの例ですが、CW 出力とパルス動作字の出力を併記している例です。

2波長併記例



CW とパルスの併記例

エネルギーと繰り返しを記載した例

波長が可視域で複数波長がある場合の例（貴社の場合は波長域が MPE の波長区分域で複数にわたるので266nm～1064nm の表示では不適切でしょう。

Q スイッチで RF 連続印加したときの漏れ出力の CW 出力はラベルでなくユーザに知らせる必要は

あるでしょう。OEM 用途として他社に発振器だけを供給する場合は、出力特性を明確にして供給する必要があります。自社でシステムを完成するために組み込んで使用するなら、最終製品として評価し、クラス分けやラベルを決める必要があります。

基本波：最大出力（CW,パルス）、パルス持続時間、波長、
2 倍波：パルスエネルギー（CW は出ないなら CW は記載不要）、パルス持続時間、波長
3 倍波：パルスエネルギー（CW は出ないなら CW は記載不要）、パルス持続時間、波長
4 倍波：パルスエネルギー（CW は出ないなら CW は記載不要）、パルス持続時間、波長

JIS の関連条項：
5.1　一般事項　レーザ製品は，次の各項目の要求事項に従ったラベルを付けていなければならない。ラベルは，恒久的に固定され，明りょうで，かつ，運転，保守及びサービスの間，その目的に従ってはっきりと読めなくてはならない。ラベルは，クラス 1 に対する *AEL* を超えるレーザ放射を人体が被ばくすることなく読み取ることができる位置に設けられなければならない。本文の縁取りとシンボルは，色の組合せを用いる必要がない場合のクラス 1 を除いて，黄色地の上に黒色でなければならない。
　製品の大きさ又は設計がラベルを付けるのに非現実的となる場合には，ラベルは，使用者への情報（説明書又は取扱説明書）に記載するか，附属させるか，又は包装箱に収めておかなければならない。
5.8　放射出力及び規格情報　製品をクラス分けした規格の名称と発行日付は，製品の説明ラベル（**図 15**）上，又はそのラベルに近接した製品上に表示しなければならない。クラス 1 のレーザ製品を除くレーザ製品は，それぞれ，説明ラベル（**図　15**）上にレーザ放射の最大出力，パルス持続時間（該当する場合）及び放出される波長を記述しなければならない。クラス 1 及びクラス 1M に対しては，製品上のラベルの代わりに，これらの情報は，使用者向けの情報に含めてもよい。

　以上が参考になると思われる情報です。
　なお、クラス分けは JIS の８．3に記載されている責任分担でメーカ側にありますので適切な対応が要求されています。なお、JISC6802 は今年(2005)1月に改正されています。

以上